

вующие нормативные документы вступили в силу, появляется законодательное стимулирование практического интереса.

Развиваются системы диспетчеризации и учета энергоресурсов. Это, вероятно, может вызвать интерес к таким темам как АСКУЭ разного уровня в масштабах предприятия, жилого района, крупного объекта.

Следующий (перспективный и по времени не близкий) вопрос – снижение тепловых потерь в зданиях, переход к «энергопассивному домостроению». К этому с 2010 года «склоняют» документы Министерства энергетики России.

Поскольку практическая часть составляет более 50 % от продолжительности курса, это лимитирует теоретическую часть, в которой можно было бы более подробно раскрывать вопросы возобновляемой энергетики, систем *Smart-Grid*, современных принципов генерации тепловой и электрической энергии, энергосбережения при транспорте газа.

Потенциал преподавательского состава Уральского энергетического института УрФУ позволяет предметно осветить все указанные вопросы.

Заключение

1. Получен положительный опыт повышения квалификации инженерных кадров в рамках работы по федеральной программе. Налажена система работы с предприятиями в части формирования содержания и графика обучения.

2. Инфраструктура и приборное обеспечение УрФУ позволяют на необходимом и достаточном уровне проводить практическую часть обучения, которая является в настоящее время наиболее востребованной, поскольку период документальных энергетических обследований, в целом, завершается.

3. Для удовлетворения возможных запросов заказчиков в перспективе в части АСКУЭ, «энергопассивных» зданий, *SmartGrid* и др. требуется развитие демонстрационных и лабораторных мощностей Полигона энергетической эффективности УрФУ.

4. В настоящее время практическим результатом участия в курсах для предприятий является наращивание соответствующих компетенций персонала и получение документов для участия в СРО в области энергетических обследований с целью энергосбережения и повышения энергетической эффективности производства и для начала работ по созданию системы энергоменеджмента по ИСО 50001.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ

*Чалов Е.О., Платонов И.В., Картавцев С.В.
Магнитогорский государственный технический университет
e_chalov@mail.ru, plabel@mail.ru ; kartavzw@mail.ru*

Предприятия черной металлургии являются значительными источниками вторичных энергетических ресурсов. Одним из них является теплота жидкой стали. Использование данного высокотемпературного ресурса могло бы способствовать общей экономии энергии и ресурсов.

Согласно методологии интенсивного энергосбережения [1], которая лежит в основе данной работы, наиболее эффективным способом энергосбережения является принцип технологической регенерации, то есть для увеличения коэффициента использования энергии необходимо возвращать в процесс [1]. Теплота жидкой стали, в первую очередь, должна быть направлена на нагрев технологических потоков сталеплавильного процесса.

Проведенные ранее работы [2-4] показали, что наиболее эффективным использованием теплоты жидкой стали в сталеплавильном процессе является подогрев и плавление металлического лома. Потому, как в действующем технологическом комплексе из всех имеющихся материальных потоков, которые могут быть нагреты, лишь металлический лом возможно нагреть до температуры 1600 °С и передать ему всю теплоту жидкой стали, равной 1400 МДж/т.

Увеличение доли лома в шихте является важной задачей, поскольку при увеличении лома снижается доля чугуна в шихте, а чугун, в свою очередь, требует больших энергетических затрат на подготовку. Снижение расхода чугуна позволяет обойтись без расширения производственных мощностей по добыче, транспорту и подготовке руд, производству кокса, выплавке чугуна. Плавка стали из лома резко снижает выбросы диоксида углерода в атмосферу, не говоря о снижении затрат на очистку технологических газов и сточных вод.

Имеются принципиальные решения по передаче теплоты жидкой стали через высокотемпературный теплоноситель для плавления лома. В качестве теплоносителя был выбран свинцово-висмутовый сплав С-13, данный теплоноситель подходит по теплофизическим данным и химически не взаимодействует со сталью [2-4].

Использование теплоты жидкой стали для плавления металлического лома и применение его в сталеплавильном процессе позволяет снизить материалоемкость и энергоемкость действующего производства и сэкономить первичные природные материалы и энергоносители [4].

Для проверки принципиальной возможности плавления металлического лома в высокотемпературном теплоносителе, а также для получения экспериментальных данных по времени плавления, в зависимости от температуры теплоносителя, необходимо проведение эксперимента.

Сложность натурального моделирования процесса плавления металлического лома в высокотемпературном теплоносителе (при 1600 °С) обуславливается отсутствием необходимого оборудования, в результате чего разрабатывается физическое моделирование процесса в лабораторных условиях.

Основными критериями при выборе материалов для моделирования были: наглядность установки, простота конструкции, низкая температура материалов, хорошая изученность теплофизических свойств, доступность и не токсичность.

Для моделирования процесса плавления металлического лома моделирующим материалом был выбран парафин, а материалом, моделирующим высокотемпературный теплоноситель с большой плотностью, была выбрана вода. Конструкционными материалами для изготовления демонстрационной модели были выбраны металл и оргстекло.

Для достоверности полученных результатов физическое моделирование осуществляется на основе правил подобия. Критерием теплового подобия является число Био. Для геометрически подобных тел, равенство чисел Био определяет подобие распределения температуры.

На основании теплофизических данных [5] (табл. 1) и с помощью представленных ниже формул [5] были рассчитаны значения Био.

Таблица 1

Основные теплофизические данные

Параметр	Обозначение	С-13	Вода
Плотность, кг/м ³	ρ	9880	998,2
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	$\lambda_{ж}$	16,7	0,67
Кинематическая вязкость, м ² /с	ν	$1,14 \cdot 10^{-7}$	$10 \cdot 10^{-7}$
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	c_p	147	4180
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	λ_{τ}	Стали	Парафина
		44	0,267

Число Био: $Bi = \frac{\alpha_{ж} \cdot d_3}{\lambda_{\tau}}$

Коэффициент теплоотдачи: $\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{ж}}{d_3}$

Эквивалентный диаметр: $d_3 = \frac{6 \cdot V}{\pi}$

Число Нуссельта: $Nu = 2 + 0,03 \cdot (Re^{0,54} \cdot Pr^{0,33}) + 0,25 \cdot (Re^{0,5} + Pr^{0,356})$

Число Рейнольдса: $Re = \frac{\omega \cdot d_3}{\nu}$

Число Прандтля: $Pr = \frac{\nu}{a}$

Коэффициент температуропроводности: $a = \frac{\lambda_{ж}}{\rho \cdot c_p}$

В табл. 2 сведены рассчитанные числа Био для металлического лома в сплаве С-13, в зависимости от диаметра лома и скорости движения теплоносителя. В расчетах металлолом представлен в виде стальных шаров, что является обычным приемом идеализации при решении задач нагрева и расплавления шихты. Поэтому для различных видов лома определяли эквивалентный диаметр их кусков.

В расчетах эквивалентный диаметр лома изменялся в интервале 25–500 мм, что следует из эквивалентного диаметра лома и отвечает достаточно большому разнообразию видов лома, применяемого в сталеплавильном процессе.

Таблица 2

Значения чисел Био для металлического лома

Скорость сплава С-13, м/с	Эквивалентный диаметр металлического лома, м						
	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
0,1	50,8	44,7	38,0	30,2	20,5	14,0	9,6
0,3	95,1	83,7	71,0	56,3	38,0	25,7	17,5
0,5	127,5	112,2	95,1	75,4	50,8	34,3	23,2
0,8	167,1	147,0	124,6	98,7	66,4	44,7	30,2
1,0	190,0	167,1	141,6	112,2	75,4	50,8	34,3

Для проведения физического моделирования процесса плавления на парафине и воде, необходимо было подобрать такие значения скоростей движения воды и размеров парафина, чтобы числа Био при натурном и физическом моделировании были равны. Полученные значения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения чисел Био для парафина

Скорость воды, м/с	Эквивалентный диаметр парафина, м						
	0,03	0,024	0,018	0,012	0,005	0,003	0,001
0,01	54,4	48,4	41,8	34,1	22,6	18,1	12,0
0,03	98,2	86,9	74,3	59,9	38,1	29,6	18,1
0,05	130,1	115,0	98,1	78,7	49,5	38,1	22,6
0,08	169,1	149,3	127,2	101,7	63,3	48,4	28,0
0,1	191,7	169,1	144,0	115,0	71,3	54,4	31,2

Из таблицы видно, что для реальных интервалов чисел Био от 9,6 до 190 существуют модельные скорости воды и диаметров парафина, дающие значения Био в том же интервале. Таким образом, в лабораторных условиях могут быть проведены эксперименты, адекватно моделирующие энергосберегающий высокотемпературный процесс плавления металлического лома в жидкометаллическом теплоносителе.

Библиографический список

1. Ключников А.Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия // Теплоэнергетика. 1994. № 1. С. 12–16.
2. Строгонов К.В., Картацев С.В. Жидкая сталь. Использование теплоты и скоростная разливка: монография. Магнитогорск: МГТУ, 2006. 147 с.
3. Способ производства плоских изделий: Патент № 2239515 РФ, МКИ⁷ В 22 D 11/1 / Картацев С.В., Строгонов К.В. (РФ). 4 с.: ил.
4. Платонов И.В., Картацев С.В. Возможности интенсивного энергосбережения в электроплавильном процессе // Электрометаллургия. 2013. № 8. С. 42-45.
5. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник / под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. 2-е изд., перераб. М.: Энергоиздат, 1988. 560 с.

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

*Чернова А.Д., Семенова Н.Г.
Оренбургский государственный университет
tomsk@house.osu.ru; fiara@inbox.ru*

В настоящее время активно используются методы искусственного интеллекта (нейронные сети, генетические алгоритмы, экспертные системы, теория нечетких множеств и др.) в вопросах решения технических задач. Интерес представляет использование этих методов в задачах систем энергообеспечения. В работе рассматриваются принципы этих методов, способы применения, основные достоинства и недостатки.